

TVH

Rakentamistalouden toimisto

TYÖNTUTKIMUSTIEDOTE

No: 5 b

SELVITYS MOREENIMURSKEEN KÄYTTÖKELPOISUUDESTA
SORATIEN KULUTUSKERROSMATERIAALINA

TkT Asko Saarela

Pvm: 28.10.1976

08

77E -



82 0998

1. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Sorateiden minimilaatutasoon ja vähimmäiskunnossapitotarpeeseen on viime aikoina kiinnitetty entistä enemmän huomiota. Kunnossapitäjien vähenevä kunnossapitomahdollisuus, kunnossapitomateriaalien jalostustarve sekä autoilijoiden ajomukavuus ovat antaneet aiheen tämänlaatuisten tutkimusten suorittamiselle.

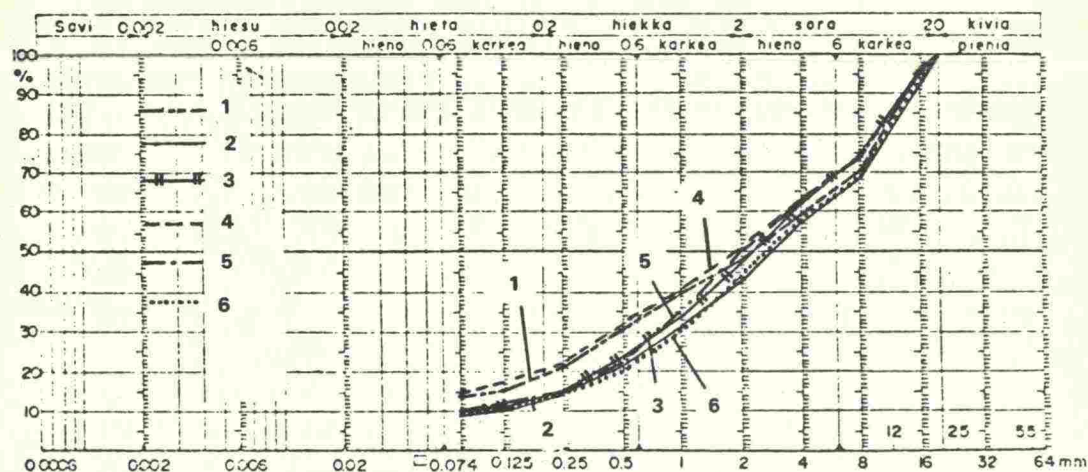
Tutkimuksen päätarkoituksena oli selvittää, miten tiettyyn raekokoon murskatut moreenit ja sorat käyttäytyvät soratien kulutuskerroksena. Kiviaineksen käyttökelpoisuutta kulutuskerroksen rakennusmateriaaliksi arvosteltiin tietyn laatumäärittäyksin ja silmämääräisin tarkkailuin. Tämän ohella selvitettiin kulutuskerroksen rakentamistyö ja materiaalin valmistus ajankäytön, toimintayksikön ja kustannusten osalta.

2. TUTKIMUKSEN SUORITUS

Tutkimus suoritettiin kesällä 1975, Kainuun tie- ja vesirakennuspiirissä Kiannan tiemestaripiirissä 6. ja 7. kp-luokan teillä. Tutkimuksessa vertailtiin seuraavia kulutuskerrosmateriaaleja ja kerrospaksuuksia:

| | | | | | |
|------------------|-------|----------|---------------|-------|------|
| 1. moreenimurske | (MrM) | 0-16 mm, | kerrospaksuus | 0,05 | mitä |
| 2. murskesora | (MSr) | 0-16 | " | 0,05 | " |
| 3. murskesora | (MSr) | 0-16 | " | 0,025 | " |
| 4. moreenimurske | (MrM) | 0-16 | " | 0,025 | " |
| 5. murskesora | (MSr) | 0-16 | " | 0,05 | " |
| 6. murskesora | (MSr) | 0-16 | " | 0,05 | " |

Materiaalien rakeisuuskäyrät olivat seuraavat (kuva 1.):



Kuva 1. Koemateriaalien rakeisuudet (keskiarvokäyrät).

Tien kulutuskerroksen laatua tarkkailtiin määräväleihin, yleensä 2 kertaa kuukaudessa. Tien yleiskunto, tasaisuus, pölyävyys ja kiinteys arvioitiin subjektiivisesti asteikolla 0...5. Koska kaikki tien laatua kuvaavat suureet riippuivat lähes samalla tavalla eri tekijöistä, esitetään kommentteja ainoastaan kulutuskerroksen tasaisuuteen vaikuttaneista tekijöistä. Tien tasaisuutta arvosteltiin seuraavasti:

| <u>Arvosana</u> | <u>Kuvaus</u> |
|-----------------|--|
| 4,1 - 5,0 | Tien pinta vastaa tasaisuudeltaan vastahöylättyä soratietä |
| 3,1 - 4,0 | Määräytyy ääriarvojen (4,1 - 5,0 ja 0,1 - 1,0) perusteella |
| 2,1 - 3,0 | - " - |
| 1,1 - 2,0 | - " - |
| 0,1 - 1,0 | Tien pinta on erittäin epätasainen kuoppien, purkautumien ja "pyykkilaudan" vuoksi |

Kulutuskerroksen tavoitekunnon alaraja kp-luokissa 6 ja 7 on 2,0 ja 1,5.

Näiden havaintojen lisäksi tehtiin mittaamalla seuraavat määritykset:

- kantavuus (Benkelman-palkki) (MN/m²)
- kerrospaksuus (mm)
- rakeisuus
- vesipitoisuus (%)
- liikenteen määrä ja nopeus.

Säähavaintoasemalta kerättiin tiedot ilman lämpötilasta ($^{\circ}\text{C}$), suhteellisesta kosteudesta (%) ja sademäärästä (mm).

Tutkimuksessa oli 3 koetietä, jotka jaettiin koeosuuksiin (4 kpl/tie) kulutuskerroksen mukaan seuraavasti:

| | | | |
|-----------|---------------|------------|----------------|
| Koetie I, | kulutuskerros | 1, 2, 3, 4 | (6. kp-luokka) |
| " II, | " | 1, 2, 3, 4 | (7. ") |
| " III, | " | 1, 4, 5, 6 | (7. ") |

Kulutuskerros rakennettiin siten, että kuorma-autot tyhjenivät matoksi vetämällä kuormansa. Näin tyhjennetyt kuoramat tasattiin tiehöylällä. Tämän jälkeen kerroksia tiivistettiin (kevyellä kumipyöräajyrällä) jostain syystä. Tiivistystä seurasi suolaus ja kastelu sekä kerroksen sekoitus ja lopullinen tiivistys.

Kulutuskerroksen rakentamisen virheenä on pidettävä, ettei kunnollista sekoitusta uuden ja vanhan kulutuskerroksen välillä suoritettu. Tästä syystä suuret rakeet siirtyivät nopeasti sivuun ja tie raiteistui. Kevyellä kumipyöräajyrällä (noin 13 t) ei kyetä kiviä painamaan kovaan tienpintaan. Asiaa olisi ehkä osittain parantanut suurempi kerrospaksuus tai pienempi raekoko.

Kulutuskerroksen yksikköhinnaksi saatiin ilman kiviaineksen hintaa $13,97 \text{ mk/m}^3 \text{ itd} = 0,54 \text{ mk/m}^2$. Siitä kuljetuksen osuus oli $10,46 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$.

Moreeni murskattiin murskauslaitoksella ML-6. Murskaustyön työsaavutukset olivat $K3 \approx 30 \text{ m}^3 \text{ itd/h}$, joka vaikuttaa pieneltä. Koneen peruskapasiteetiksi oli saatu $K1 = 57 \text{ m}^3 \text{ itd/h}$. Yleensä murskauskapasiteetteihin vaikutti heikentävästi kylmä ilma, jolloin moreeni ajoittain jäättyi siiloon sekä, jolloin taukojen ajaksi siilot oli tyhjennettävä. Lisäksi suuret kivet tukkivat aika ajoin väljän. Murskaustyön yksikkökustannus oli $14,10 \text{ mk/m}^3 \text{ itd}$.

3. TUTKIMUKSEN TULOS

3.1 Materiaalin ja kerrospaksuuden vaikutus tien tasaisuuteen

Tutkimustulokset osoittivat selvästi, että moreenimurskeesta (MrM) valmistettu kulutuskerros säilyi tasaisena ja kiinteänä huomattavasti kauemmin kuin vertailtavat murskesorasta (MSr) tehdyt kulutuskerrokset:

Koeteillä I (Kp-luokka 6) oli kulutuskerrosalajien keskimääräiset tasaisuusarvot kesäkauden aikana:

| <u>kulutuskerros</u> | <u>tasaisuus</u> |
|----------------------|------------------|
| 1 (MrM) | 3,85 |
| 4 (MrM) | 3,45 |
| 2 (MSr) | 2,80 |
| 3 (MSr) | 2,60 |

Selvästi tasaisimpina tienpintoina pysyivät n:o 1 (MrM 0-16 mm/0,05 mitd) ja n:o 4 (MrM 0-16 mm/0,025 mitd). Huomautetaan, että tienpinnan kiinteyden suhteen kulutuskerrosalajien n:o 1 ja 4 sekä toisaalta n:o 2 ja 3 tasoero oli vielä selvempi.

Edellistä vähäliikenteisimmillä teillä (kp-luokka 7) tien pinnan tasaisuus oli edellistä parempi. Koetiellä II oli tasaisuus keskimäärin:

| <u>kulutuskerros</u> | <u>tasaisuus</u> |
|----------------------|------------------|
| 1 (MrM) | 4,15 |
| 4 (MrM) | 4,10 |
| 2 (MSr) | 3,10 |
| 3 (MSr) | 3,00 |

ja koetiellä III

| <u>kulutuskerros</u> | <u>tasaisuus</u> |
|----------------------|------------------|
| 4 (MrM) | 4,20 |
| 1 (MrM) | 3,95 |
| 6 (MSr) | 3,45 |
| 5 (MSr) | 3,40 |

Kulutuskerroksen n:o 1 ja 4 laadun ero johtuu kerrospaksuudesta: n:o 1 oli 2 kertaa paksumpi kuin n:o 4. Samoin kulutuskerros n:o 2 oli 2 kertaa paksumpi kuin kulutuskerros 3 (MSr 0-16 mm). Uuden, rakennettavan kulutuskerroksen paksuus tulee olla myöhennyksen jälkeen ja ennen tiivistystä noin 2,5 -kertaa kiviaineksen maksimiraekoko. Tässä tapauksessa ohuemman kulutuskerroksen huonompaan kuntoon vaikutti myös se, ettei uutta ja vanhaa kulutuskerrosta riittävästi sekoitettu toisiinsa.

Tienpinnan laadun ohella merkitsee tienpitäjälle tarvittava kunnostustoimenpiteiden määrä rahallisesti paljon. Koetielä I tarvittiin kesän aikana 2 höyläyskertaa koeosuudella n:o 1 ja 4 höyläyskertaa koeosuudella n:o 2. Tällainen 50 % höyläysmäärän pienennys on rahallisesti merkittävä.

Kunnossapitokustannuksissa merkitsisi edellä mainittu höyläyskertojen supistus noin 60 mk/t-km kesäkauden aikana. Näin ollen moreenimurskeen käyttö lisääntyneen tienkäyttäjän ajomukavuuden ohella, pienentää tienpitäjän kunnossapitokustannuksia. Edellistä vähäliikenteisimmillä teillä ero ei luonnollisestikaan ollut edellä esitetyn suuruinen (ero 0...1 höyläyskertaa). Huomattakoon, että vastaavat standardiarvot ovat 20 ja 14, johon sisältyy myös keväällä ja syksyllä suoritettava höyläys, joita em. arvoissa ei ole mukana.

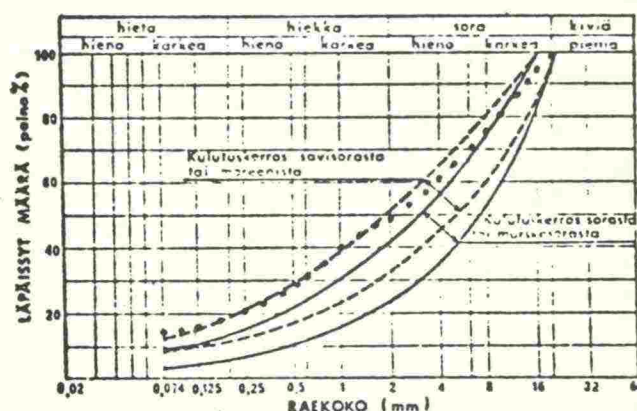
3.2 Rakeisuuden vaikutus tien tasaisuuteen

Materiaalin eri raekokojen vaikutus tien kulutuskerroksen ominaisuuksiin ilmeni selvästi suoritettavissa regressio-analyyseissä. Merkittävin positiivinen vaikutus kulutus-

kerroksen laatuun on ollut hienoaineksella 0,074...1,0 mm (vrt. kuva 1). Rakeisuuden muun osan merkitsevyys on ollut lähes olematon eräitä yksittäisiä tapauksia lukuunottamatta. Tämä seikka johtuu mm. siitä, että rakeisuudet kaikissa kulutuskerrostapauksissa olivat tältä osin liian samalaiset. Kaikki kulutuskerrosmateriaalit olivat raekooltaan alle 16 mm (n:o 2 ja 6 lievästi karkeampia). Huomattavaa on, että varsinkin yli 16 mm rakeet siirtyvät niin nopeasti liikenteen vaikutuksesta tien sivuun, ettei niiden mukana-olo voikaan selvästi ilmetä tuloksissa.

Koska moreenimurske (MrM 0-16 mm) kaikissa koetapauksissa osoittautui ylivoimaiseksi tien kulutuskerroksen laadun suhteen, on materiaalien ero nimenomaan hienoainesmäärän (alle 1 mm) osalta ilmeisen ratkaiseva. Kaikki kulutuskerrosmateriaalit olivat murskattuja ja lisäksi rakeisuudet välillä 2...16 mm hyvin samalaiset. Näissä tutkimuksissa oli paras kulutuskerrosmateriaali rakeisuudeltaan seuraava

| Seulakoko mm | Läpäisy % |
|-----------------|--------------|
| 0,074 | 14 + 2 |
| 0,125 | 15 + 2 |
| 0,25 | 21 + 3 |
| 0,5 | 31 + 4 |
| 1 | 40 + 5 |
| 2 | 49 + 5 |
| 4 | 61 + 5 |
| 8 | 75 + 6 |
| 16 | 95 + 1 |



Yllä olevan moreenimurskeen rakeisuus noudattaa itse asiassa laadunvalvontaohjeissa esitettävää moreenin rakeisuutta lukuunottamatta fraktiota 0,074...0,125 mm, joka koemateriaalissa oli 1...2 % -yksikköä suurempi. Paras koemateriaali saattaisi olla vieläkin edullisempi, jos karkea-aineksa 2...16 mm olisi suhteellisesti pienempi eli edellä esitetyt läpäisyprosenttiluvut suuremmat (kuten eräät myöhemmät kokemukset ovat osoittaneet)?

4. HAVAINTOJA KOKEESTA

Moreenin murskaus talvisaikaan sujui tyydyttävästi. Työsäätukset jäivät pienehköiksi, mikä johtui mm. moreenin jäätymisestä siiloon ja välppien tukkeutumista.

Kulutuskerroksen rakentamisessa oli materiaalin ja kulutuksen osuus kustannuksissa ratkaiseva. Koska rakentamistöiden osuus on pieni, kannattaa juuri oikeaan rakennustapaan (= kunnollinen muokkaushöyläys + tiivistys) uhrata työpanosta. Näissä kokeissa rakennustapa oli puutteellinen.

Kaikilla koeteillä osoittautui moreenimurske parhaaksi kulutuskerrosmateriaaliksi. Moreenimurskeen käytöllä voitiin vähentää kunnostustoimenpiteitä huolimatta siitä, että tiet olivat suhteellisen vähäliikenteisiä.

Suurin ero moreenimurskeen ja murskesoran rakeisuuksissa oli välillä 0,074...1,0 mm. Tällä hienoaainesosalla pystyttiin selittämään lähes koko tasaisuusero eri kulutuskerrosten välillä. Soratien kulutuskerrosmateriaalin hienoainespitoisuuden tulee olla ainakin 14 % ($\leq 0,074$ mm) ja maksimirakoon alle 16 mm, jotta mahdollisimman kiinteä ja tasainen tienpinta saadaan aikaan.

Tämä lyhennelmä perustuu tutkimukseen: SORATIEN KULUTUSKERROSKOKEILU I, työntutkimustiedote n:o 5 a, TVH 2.734.